



TITLE:

世界数学文化の視野における近世 中日数学の比較 (数学史の研究)

AUTHOR(S):

徐, 澤林

CITATION:

徐, 澤林. 世界数学文化の視野における近世中日数学の比較 (数学史の研究). 数理解析研究所講究録 2005, 1444: 19-28

ISSUE DATE:

2005-07

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/47611>

RIGHT:

世界数学文化の視野における近世中日数学の比較

天津師範大学数学科学学院 徐澤林 (Xu Zelin)
College of Mathematics at Tianjin Normal University
Tianjin, P.R.CHINA, 300074

小倉金之助は、その著名な『日本の数学』において、次のように和算を評価した。

「和算は、わが国の学問の中でも、もっともよく日本人の独創性を発揮したものの一つでありまして、これを度外視して、日本の学問や文化を語ることは、許されないことだと思われる。」⁽¹⁾

これが、日本民族の文化の視野から見た、和算についての普通の日本人の認識だろうと思われる。確かに和算は江戸文化の珍しい花で、日本の伝統的科学の中で、もっとも誇る値打ちがあるものであるが、世界数学文化という、より広い視野から和算を見るほうがよいであろう。この講演の主眼は、近世の中国と日本の数学の、世界数学の発展史における比較研究の意義を議論することである。

一、東洋の数学と西洋の数学：世界数学文化における二種類の伝統

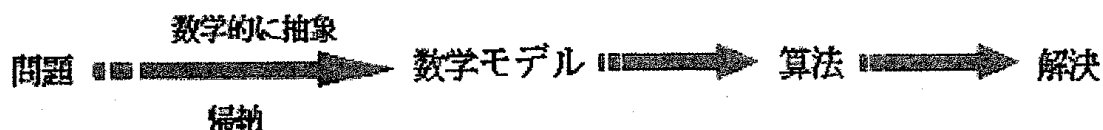
世界文化は多様であるから、科学文化も多様性を持つはずである。各民族、各地区はその歴史において、自分の民族文化、民族科学を持っている。数学文化もそうである。例えばエジプト数学、メソポタミア数学、中国数学、インド数学、ギリシア数学、日本数学など、多種多様な数学があるが、数学思惟の方式、数学精神より見ると、大きくわけて、機械的、算法体系的数学と、公理的、演繹体系的数学との二つの種類に分けることができる。それぞれ東洋西洋文明における数学の伝統を代表すると考えられる。⁽²⁾

1、公理的、演繹体系的数学

公理的数学というのは、演繹的数学とも呼ばれ、公理系を立てることを目標にするもので、数学概念及び命題の間の論理的関係を重要視し、その数学活動は「証明」を中心とする。ギリシアのユークリッド幾何学がその典型である。それは世界数学の発展に大きな影響を及ぼしたと考えられる。

2、機械的、算法体系的数学

機械的数学というのは、算法的数学とも呼ばれ、実際的問題を解くことを目標にするもので、有効なアルゴリズムの考案を重要視し、その数学活動は「計算」を中心とする。そのモデルは次のようになる。



東洋文明における数学は大体いずれもこのような数学に属する。インドとアラビア文明の不完全さ、中断によって、それらの数学体系もあまり完全ではなく、はっきりと見る事ができない。ただ、中国文明圏における伝統的数学だけは、現代文明に転換する以前、ずっと完全に連続的に発達してきたのである。したがって、東アジアの数学だけがこのような機械的数学の特徴を十分に反映していると言っても過言ではない。十九世紀以前の東アジアの算法的数学は籌算を中心とする中国数学を核として、論証に重きをおく西洋数学とは異なった発展の道を辿った。ギリシャ

数学の特徴がユークリッド幾何学にあったのとは対照的だった。

まず、中国文明圏における伝統的数学は、通常、数学の問題を幾つかの類に区別し、(例えば、方程、盈不足、勾股、大衍、垛積)、各類にそれぞれ普遍的な算法、すなわち「術」を与える。「術」によって機械的に有限の手順をふめば、必ず問題の解答を得ることができる。このような「術」がアルゴリズムである。そのため中国文明圏における伝統的数学は常に「算術」と呼ばれたのである。すなわち、「計算の技術」という意味である。漢字文化圏の伝統的数学の特徴は「算」を中心として、実際的問題の解決と計算技術を高めることを主な目標とするものであった。

次に、ギリシアの幾何学が形と数を截然と区別し、幾何の事実の間の論理的関係を追究し、煩瑣な形式的演繹の道を辿るのに対し、中国文明圏における伝統的な幾何学は、いつも数と形を有機的に結合して、幾何の面積・体積の計算を中心として、幾つかの最も基本的な幾何原理によって、幾何計算を多項式による代数方程式の解を求めることに帰着した。それはデカルトの機械的思想と非常に類似しており、代数的幾何と見なすこともできる。宋元時代、このような機械的数学への需要のために、天元術という代数方法が現れ、さらに多項式の代数方程式系の解法を中心とする四元術に発展し、機械的数学を新しい高峰に推し上げた。

この伝統は江戸時代の和算家に受け継がれて、「傍書法」と「点竄術」という記号代数的方法に発展しただけでなく、「解伏題」という機械的方法を形成し、和算が幾何の代数化の道に沿って発展し続けていくことを促進し、和算における「容題」、「角術」という代表的な計算的な「和式幾何」の発達の原因となった。これも、和算の問題の中に大量の図形計算が出現したという文化現象の原因だろう。

3、世界数学の発展に影響を及ぼす二種類の数学伝統

西洋の数学史家の著述においては、普通、ヨーロッパ数学を世界数学発展史の主軸に置いている。インドとアラビアの数学に関する叙述は、西洋へ伝わったことを中心に展開されるのだが、中国や、日本や、韓国などの漢字文化圏における数学は世界数学発展史の主軸の外のものと見なされて取り除かれてしまっている。Morris Kline の著名な『Mathematical Thought from Ancient to Modern Times』(Oxford Univ. Press, New York, 1972) が典型的な例である。Kline はその序言において、はっきり次のように述べている。

「資料は際限なく多いが、私はいくつかの種類の文化を無視した。たとえば、中国文化や、日本文化や、マヤ文化などは、それらの数学が数学思想の主流に重大な影響を及ぼさなかったからである。」⁽³⁾

Kline の主張は、二つの側面において検討の余地がある。第一は、彼の言うところの「数学思想の主流」がいったい何であるのかということである。第二は、中国数学がヨーロッパの近代数学の形成に影響を及ぼしたかどうか、ということである。

科学史の分野におけるヨーロッパ中心主義の観点を持つ普通の学者と同様、Kline のいわゆる「数学思想の主流」は、実はギリシア的な演繹数学を指しているのであろう。このように考えると、自然に東洋数学は世界数学の発展の主流から排除されてしまう。このような認識は、ヨーロッパ中心主義の歴史観から生じたほかに、応用数学と計算数学が、ようやく二十世紀四十年代から次第に形成され、二十世紀の後半になって、ようやく盛んになってきたにすぎないために、従来の数学史においては、まったく形式化、公理化に基づく純粋数学の発展史のみに目を向けて、実用と計算を中心とする東洋数学の伝統を無視してしまったことにもよると考えられる。これは先入観となった。

実は、西洋の近代数学も完全に演繹数学の伝統によって造り上げられたものではなく、逆に東洋の算法的伝統が主要な役割をはたしたと考えられる。周知のように、近代の数学はルネ・デカルトに始まり、ニュートン、ライプニッツらの研究によって完全に開花されたと言われる。代数

学、解析幾何、微積分はその先導となった。

デカルトの座標幾何学では、幾何学に、座標を用いて、図形の世界と数量の世界を結びつけた。これがそれ以後の数学の発展に大きな貢献をしたことはいうまでもない。しかしながら、それはギリシア数学の伝統ではなく、まさしく東洋数学の伝統である。というのは、デカルトはユークリッド幾何学が真理の発見に役に立たないと考えたために、代数解析 (algebraic analysis) を主張して座標幾何学を作りあげたからである。中国では、『九章算術』の時からすでに代数と幾何の結び付ける伝統が形成され、それは宋元時代になるとさらに強化された。このような数学は中世にアラビアを経てヨーロッパに伝えられたかもしれない。

一方、ニュートン、ライプニッツらの微積分もギリシア数学の伝統の産物ではない。ギリシア人は無限という問題に直面したとき、たじろいで進まなかった。微積分の方法は最初、幾何の計算と物理学の計算を進めるため、次いで、資本主義の社会と生産におけるそれぞれの問題を解決するために、普遍的な方法として形成されたが、その厳密な論理的基礎は、十九世紀後半に入ってから、ようやく完成したのである。無限小算法において、アルキメデスと劉徽及び祖暅の球の体積を求める方法を比べると、中国の算法の方がより近代の微積分算法に近づいていることが分かる。だから、近代の微積分の方法は東洋の算法的精神の産物だと言えるだろう。

世界数学の発展史を見渡すと、演繹的数学と算法的数学とは交替で数学発展の主流になっており、主流は演繹的数学だけではないことが容易にわかる。今日、コンピューターの利用により数学の応用はさらに広範に、直接的になされるようになってきた。すなわち、算法的数学がふたたび数学の主流になっており、これも東洋数学の復興といえるだろう。

二、近世東アジア数学の発達史における諸段階

1、近世とは

中国と日本の歴史区分は違っている。日本歴史において、「近世」と言うのは、一般に安土桃山、江戸時代を指す。年代から言えば、西暦 1568 年から 1868 年までの期間である。⁽⁴⁾

中国史の区分においては、一般に「近世」という言葉は使わず、1840 年アヘン戦争以前を古代、それから 1919 年の「五・四運動」の頃までを「近代」と称する。

このような歴史区分はそれぞれ、各国の社会矛盾と社会制度の面から考える政治史の区分であるが、世界文化史という、より広い歴史視野より区分すれば、東アジア史の近世は、伝統文明より現代文明へ転変する時期と見なすほうがよいだろう。それは十六世紀中葉、西洋のキリスト教文化が東アジアへ伝播し始めた頃から、近代国家の成立までの歴史である。日本歴史でいえば、1549 年ザビエル (沙勿略, *Francisco Xavier*, 1506~1552) 来日から、1868 年明治政府の成立までの歴史である。中国歴史では、1582 年マテオ・リッチ (利瑪竇, *Matteo Ricci*, 1552-1610) の来華から、1912 年国民政府の成立までの歴史である。世界文明史から見れば、この時期を「近世」と呼ぶのが適当だろうと考える。

2、南蛮学時代における中算の伝播と明末から清初までの翻訳運動

西洋のキリスト教文化が東アジアに入る直前、東アジア数学の状態はどのようなものであったのだろうか。明代には珠算が栄えたが、明代中期には、珠算の猛烈な普及にしたがって宋元数学の高度な成果は忘れられ、過去の偉大な籌算書の多くが亡失した。天元術や増乗開方法は忘却され、『算学啓蒙』、『楊輝算法』も中国から消えた。日本の戦国時代及び江戸初期でも、数学が衰微し、今日まで当時の数学書は発見されていない。たとえ存在したとしても、おそらく明の珠算のような簡単な日用算術の本だけだろうと思われる。

第一回の西学東漸の中で、東アジアの官僚と知識階層が西洋の科学技術に興味を持ったため、宣教師はこれを利用して、西洋の科学技術を餌にして、東アジアの士大夫や大名など社会上層部

に近寄って、宣教の目的を達した。彼らは翻訳を通じて西洋の科学技術文化を伝播したが、そのときの中日両国の数学の状態には似通うところもあれば異なるところもあった。

明末清初、マテオ・リッチ（利瑪竇）、ウルシス（熊三拔）、ロンゴバルディ（竜華民）、アダム・シャル（湯若望）、テレンツ（鄧玉函）などの宣教師は、徐光啓、李之藻などの中国人の学者と協同し、西洋の数学、天文、暦算、物理、機械と火炮の製造技術、水利、測量、地理、絵画などの知識を中国に伝えた。その中で、天文と数学の本が最も豊富である。数学知識は主に三角関数、対数、筆算算術、測量学、ユークリッド幾何、円錐曲線などを含んでいる。その時期、イエズス会士によって西洋の科学革命前後の新旧数学が伝えられ、中国数学に深刻な影響をあたえた。明末清初の中国数学界で、中国の法と西洋の法とはどちらが優れ、どちらが劣るかという論争があり、「西学中源」（西学の起源は中国にある）の思想の支配下に「融匯中西」（中国の学術と西洋の学術を融合する）の道を辿った。梅文鼎、王錫闡、杜知耕、方中通、陳厚耀、黃宗義、梅穀成、張冠、袁士龍、年希堯などの著作及び『数理精蘊』はその典型である。これらの研究は、大体において西洋数学を消化したにすぎず、新しい数学知識と方法を発展させることはなかった。

日本では、大規模な翻訳運動は現れなかったとしても、全く西洋数学の伝播がなかったということはないだろう。いまのところ、まだ史料上の困難があるとはいえ、次の事実は多少なりとも日本に若干の西方数学が伝播した根拠といえよう。

(1) 1593 年、ゴメス (*Pedro Gomez*, 1535~1600) は日本で神学院学校のためにラテン語の「綱要」というテキストを編纂し、1595 年初それを日本語に翻訳した。その中に天文、数学の内容が含まれている。

(2) 慶長 5 年、ウィリアム＝アダムス (*William Adams*, 三浦按針, 1564~1620) は徳川家康に天文数学を講義したことがある。

(3) 1594 年、ジョアン・ロドリゲス (*Joan Rodriguez*, 1561~1634) は長崎の神学院で神学課程を講義した。彼は日本語に通じ、天文数学にも通じていた。1606 年、彼は伏見城に行き、徳川家康に天文学を講義した。彼はその『日本教会史』の第二卷第八章で、日本と中国の数学を説明し、第九章で日本と中国の天文学を説明している。

(4) スピノラ (*Carlo Spinola*, 1564~1622) はマテオ・リッチと同じようにイタリア人の数学者のクラヴィウス (*Christoph Klau Clavius*, 1537~1612) の学生だった。1604 年~1612 年、彼は京都で神学院を設置し、数学などの西洋科学及び神学の課程を講義したことがある。それに、かつて日本で月食を観測したり、長崎の経度を測量した。⁽⁵⁾

日本ではなぜ中国のような翻訳運動が現れなかったのか、それは、日本は戦乱から脱却したばかりで、学術事業も始まったばかりであり、まだ西学の受容の学術的基礎が乏しかったからかも知れない。日本では西洋数学は広範に伝播しなかったけれども、中国の伝統数学は伝播した。

中国の学術的經典は、常に伝統を固守する朝鮮でよく保存された。豊臣秀吉の朝鮮侵略 (1592-93, 1597-98) の直前、中国の珠算が輸入された。朝鮮将来本は和算の成立において、大きな働きをしたのである。その和算の成立にもっとも深い影響をおよぼした数学書といえば、元の朱世傑の『算学啓蒙』と南宋の楊輝の『楊輝算法』をおいてほかにない。

東アジアにおける伝統的な天文学、算学の没落にあたって、西洋の宣教師より輸入されたところの西洋学術は、近代の先進的な科学知識ではないといっても、異なった体系を持つ異質的な東洋文化にとっては、清風を吹き入れたようである。西洋学術との衝突は中日の知識界に科学技術に対する関心を誘発して、実学が盛んに興った。このような雰囲気の中で、中日の数学は初めて実用的数学から学術的数学へ転変した。同時に、衝突の過程で中日は西洋数学を吸収した。暦法の改革に対する需要もまた中日数学の研究の原動力となった。日本人は大規模な翻訳により系統的に西洋数学を獲得したことはないが、幸運にもすでに隠滅した宋元の学術的数学を獲得した。

すなわち、宋元の数学をまた再生させたのである。

3、乾嘉時代における伝統数学の整理と江戸時代における和算の勃興

同時に発生した訳ではないが、中国でも日本でも禁教より鎖国になった社会状態下で、両国の数学もそれぞれ独自の発展の道を辿った。

まず中国では、西学の輸入は主観的理学（朱子学などの宋代の儒学）に対する反動を引き起こし、その結果、乾嘉（乾隆帝・嘉慶帝の時代）の漢学者達は天文学、数学にも通じるようになった。彼らは既に考証学という新しい道具を得ていたもので、伝統的天文学と数学を整理する風が大いに盛んになった。天文学と数学は帰納の方法を偏重したので、代表的漢学者はみなそれらを深く探究した。そのため、漢学の研究も科学的精神に富んだものとなった。康熙帝の後、清代の数学の状態を要約すると、以下ようになる。

(1) 『四庫全書』の編撰（1774）のため、「算経十書」を代表とする古代の数学が再発見され、整理された。戴震を始めとする学者たちがそれらの校訂を行った。そしてこれらの算書は新たに刊刻され、伝播された。

(2) 宋元の数学書も再び発見され、経学の影響下で、宋元の数学を解釈しながらの研究が始まった。例えば、代表的なものに『天元一釋』（焦循、1800）、『開方通釋』（焦循、1801）、『大衍求一術』（焦循、1801）、『求一算術』（張敦仁、1803）、『開方補記』（1803）、『開方說』（李銳、1817）、『勾股六術』（項名達、1825）、『四元玉鑑細草』（沈欽裴、1830）、『四元玉鑑細草』（羅士琳、1836）、『四元玉鑑細草』（戴煦、1836）、『四元解』（李善蘭、1836）、『求一術通解』（黃宗憲）、『開諸乘方捷術』（項名達、1845）、『堦積比類』（李善蘭、1845）がある。

(3) 「中学」と「西学」との融合の研究。代表的なものに『釋輪』（焦循、1796）、『釋楯』（焦循、1796）、『釋弧』（焦循、1798）、『加減乘除釋』（焦循、1798）、『通兼数理』（汪萊、1798-1799）、『衡齋算学』（汪萊、1801）、『比例匯通』（羅士琳、1818）、『弧三角拾遺』（徐有壬、1840）などがある。

(4) フランス人の宣教師ジャルト（杜德美、Pierre Jartoux, 1668-1720）により伝えられた級数の影響を受けて、中国伝統数学の方式で、三角関数と対数の展開式に関する研究が始まった。代表的なものに『割円密率捷法』（明安図、1774）、『割円連比例図解』（項名達、董祐誠、1819）、『測円密率』（徐有壬、1840）、『方円闡幽』（李善蘭、1840）、『対数探源』（李善蘭、1840）、『弧矢啓秘』（李善蘭、1845）、『外切密率』（戴煦、1845）、『対数簡法』（戴煦、1845）、『統対数簡法』（戴煦、1846）、『求表捷法』（戴煦、1846）、『象数一原』（項名達、戴煦）などがある。

(5) 伝統的天文学、暦学に関する研究。

(6) 中国数学史と見なされる著述。例えば『畴人伝初編』（1799）、『続畴人伝』（1840）など。

西学の影響下での清代の数学研究は次の三つの基本的思想に基づいていた。

第一は理を重んずることである。中国数学は何千年間にわたって主に実際の問題を解決していたので、その「然」を重んじるだけで、その「所以」は重んじなかった（そうであることを重んじるだけで、なぜそうなるかは重んじなかった）（劉徽と趙爽は例外）が、この頃に至って変化が生じた。

第二は融合である。西洋数学の輸入の後、中国の学者は西学の詳しさと深さを感じて、自己の不足を認めるほかなかった。したがって、極力西学を「中用」して、それらを融合しようとした。

第三は考証である。中国の学者は西学に対して、「欲求超勝、必須会通」（西洋に超え勝つことを求めるならば、西洋と東洋を融合しなければならない）、「見中西之会通、而補古今之缺略」（中西の融合を見て、古今の缺略を補う）という態度を取った。数学の研究も「補正王化、左右儒術」（王化を補正し、儒術を左右する）という正統的思想から離脱しなかった。「西学中源」の思想の下に、西洋数学を承認したと同時に、伝統数学についての研究は、すべての西法が中国から流れ

出したのだということを証明しようとするものだった。そして、伝統数学の概念と義理に関する考証に重きをおいた。

このような学術思想の下で行われた数学研究の中で、数学知識の進化の観点から見て称賛に値する成果は僅かに三角関数の冪級数展開と方程論の研究だけであった。

さて、江戸時代の日本人は、中国の数学をそれなりに解説・消化して、さらにそれを発展させた。近世日本の数学は、大きくわけて、実用的数学と、趣味的数学と、本格的数学との三つの分野に分かれて発展したが、鎖国により外国との接触に乏しく、国学が栄えたために、特に趣味的数学と本格的数学の分野で独特の発展を見た。

鎖国時代における和算の成果は中国の伝統的数学を発展させたという点に表れている。具体的に言えば、以下の諸点が挙げられる。

(1) 天元術の発展

関孝和は『算学啓蒙』を研究し天元術を改良して、日本独自の記号代数法「傍書法」を発明した。松永良弼らはさらにそれを拡張してさらに普遍的な「点竄術」を作った。この方法によって、和算の進歩が促進された。とくに、関孝和らは天元術と傍書法を用いて、宋元の数学における消元理論を発展させて、行列式理論を発明した。

(2) 垛積術、招差術の発展

関孝和らは一般的な有限差分の算法（例えば累裁招差、混沌招差などの補間法）を発明して、諸乗垛積という高階等差級数の和を求める一般的な公式を発見した。科学的な招差術と垛積術を利用したことにより、和算における積分法の基礎を築くことができた。

(3) 開方術の発展

高次の数字係数方程式の解法を開方術という。和算家は秦九韶-関孝和-ホーナー（Horner）法のプログラムを再び案出したり、ニュートン-関孝和の畳代プログラムと逐次圧縮法を発明したりし、方程式論を発展させた。

(4) 不定分析の算法の発展

零約術、重約術、平方零約術、累約術などの一連の有理近似の算法を発明したうえで、秦九韶の「大衍術」と一致する一般的な「剪管術」を案出した。

(5) 組合せ論の発展

方陣と円攢などの研究において一般的な構成法の考案を重視した。それに、驗符、算脱、連環などの組合せ、計数の問題を研究した。

(6) 無限小算法の発展

和算における最も偉大な成果は円理の発達である。積分法を創出して、ニュートン直前の西洋の微積分のレベルに達した。そして、中国数学における極大、極小という概念を発展させて、代数方程式論より極大値、極小値を求める方法を発明した。

(7) 代数的幾何の発展

「角術」という数学モデルを作り、算額など媒体を通じて、幾何図形の計算が発達した。

戴内清はその『中国の数学』の序で

「中国数学は江戸時代初期まで、和算の成立期に圧倒的な影響を与えた。和算の時代になると、日本数学は中国とは別にやや独自の発展を遂げてきた。しかし独自とはいっても、根本的な性格、すなわち論証性を欠いた計算技術が数学的内容であったという性格は、そのままに受け継がれたのである。ヨーロッパ数学の輸入とともに和算が減ってしまったように、中国数学もヨーロッパ数学の前に姿を消してしまった。わずかにソロバンが、なお優秀な計算器械として残っているにすぎない。日本数学を理解するにはもちろんであるが、中国文化の一環として、中国数学の内容とその発達の歴史を述べてみよう。」⁽⁶⁾

と述べている。これは和算と中国数学の関係の深いことを物語っているのである。

和算の業績はわれわれを大いに啓発してくれる。すなわち、東アジアの伝統数学は代数学、微積分学の形成において西洋数学に劣らず、東洋の伝統的科学をひたすら否定する見方は非科学的なものである。和算は宋元数学を受け継いで、その衰微に代わって、ある種の新しい近代数学へ推し進めた。したがって、西洋の演繹数学の完全な優位のもとに近代数学が作り上げられたのではない。

4、十九世紀中葉以後、東アジア社会の転換と数学革命

東アジアの数学文化の転換は思想啓蒙と救国図存（国を救い、存続を図る）という時代的テーマの下で形成され、現代国家の成立の途上で実現された。

アヘン戦争の失敗のため、中国は半植民地、半封建社会へ推し進められてしまった。そこで「救亡」がその時代の主題となった。同様に西洋列強に直面する徳川幕府は近隣の清のアヘン戦争の失敗の中から目覚めて、救国図存のために開国、維新の道を辿った。

中国近代における数学の革命は三つの段階にわかれる。

第1段階は十九世紀四十年代から、二十世紀初の新学制（1903）の成立までの時期である。この時期、中国社会は二回のアヘン戦争、洋務運動、日清戦争、八国連合軍の侵入、戊戌変法などの重大事件を経て、西洋の科学技術を学ぶ最も基本的な道具としての数学が全社会で重視された。「南京条約」の後、天主教会は中国で宣教の合法的権利と西方国家の政治的庇護を得て、宣教の活動を活発にした。宣教師はまた清朝末期に西洋の科学技術の知識を伝播する役割を果たした。そのなかで、ワイリ（偉烈亜力、A. Wylie, 1815~1887）、フライヤー（傅蘭雅、John Fryer, 1839-1928）などの宣教師は李善蘭、華蘅芳などの中国数学者と協同し、大量の西洋数学の本を翻訳した。近代数学知識を伝えた『代数学』、『代微積拾級』、『代数術』、『微積溯源』、『決疑数学』などがある。一方、徐有壬、項名達、戴煦、李善蘭、時曰醇、夏鸞翔、吳嘉善、丁取忠、黃宗憲などの中国数学者は西洋数学の影響下に、伝統数学を研究し続けた。この時期は第二回の西洋数学の伝播および中西数学の融合の段階である。洋務機構、同文館、書院、新式学堂、教会学校などが数学活動の中心となった。

第2段階は1905年の科举制度の廃止から、二十世紀二十年代、大学に次第に数学系（数学科）が設立されようになるまでの時期である。この時期は、中国数学の転換のための準備段階である。教育制度は戊戌変法における社会制度の改革の一つとして、清末の数学教育の発展に決定的な役目をはたした。変法は失敗したが、「新法」の新しい教育制度は踏襲されて、京師大学堂を始めとする大学が初めて続々と中国で開設された。これは現代の高等数学教育の制度化のための準備となった。また十九世紀末から二十世紀初までの留学制度も現代数学へ転換するための人材の準備をした。

第3段階は二十世紀二十年代からの、大学における数学系の設立以後の時期である。この時期は中国数学の転換が普遍的に発生し、現代数学の研究が現れ始めて、現代数学の基礎が定まった段階である。

日本近代における数学の革命も三つの段階にわかれる。

第1段階は洋学の始まりから明治維新(1868)までの期間である。この期間は西洋数学の伝播と和算の継続が並存する変革の準備期である。

第2段階は明治維新から、明治十九年(1886)の学制改革のころまでの期間である。明治五年(1872)の学制公布、明治十年(1877)の東京数学会社の成立、明治十年の東京大学の開学などを経て、数学の制度化が実現された。すなわちこの時期は日本数学の転換期である。

第3段階は明治十九年の学制改革後、諸大学が設立され、現代数学の研究が開始された時期である。

明治維新の改革によって日本社会は大きな転換を遂げた。開国後の日本は対外的危機が深刻化していたため、「西洋軍事科学」を中心として、それまでのオランダだけでなく、イギリスやドイツ、フランスなどの学術も積極的に受け入れるようになり、洋式の軍制を導入したり、洋式の工場が建設されたりした。また、英語を始めとする外国語の学習が盛んとなり、法律・経済・統計などの社会科学、歴史・哲学などの人文科学も学ばれるようになった。

幕末には、幕府や諸藩は留学生を派遣して、洋学を奨励していたが、明治政府はこれをさらに推し進めて学問の近代化を行なった。

幕末・明治期の日本における西欧近代数学の制度化にとって、軍事と教育の果たした役割は決定的だった。明治5年の学制の公布と軌を一にして初等数学課目として洋算の採用が決定されたことや、さらに明治10年の東京大学の開学と東京数学会社の創設は、まさしく世界史的事件だった。これらの事件は明治初年の国家指導者たちの「国家百年の大計」というにふさわしい志の大きさを物語っている。こうして数学を導入するという政治的な要請によって近世日本の和算は急速に終焉を迎えたのである。

中国と日本では、同じように社会転換の中で数学の現代化が遂げられたが、それぞれの転換においては、異なるところもあった。

まず、外国語をマスターして西学を伝播した人々が用いた言葉が、中国と日本では、異なる。日本では、開港の後、最初は中国語訳の著作を採用して、西洋数学を学んだが、間もなく、直接西洋の原著によって学んだり、国際的な数字記号を用いて書いた訳著によって学んだ。中国では、開港の後もずっと西洋の原著によって学ぶことはなく、中国語の訳著によって学んだのである。その訳著は主に宣教師により翻訳されたものであった。このため、同文館でも洋務の兵工製造局でも通訳として西洋の宣教師を招聘した。一方、日本では、西洋数学の移植に最も大きい功労を残した者は先ず海軍の関係者で、次は大学の関係者であった。日本人は西洋数学の摂取において、西洋人に強要されたのではなく、自発的に摂取した。しかし中国では、西洋数学を移植した一番の功労者は、西洋の宣教師である。だから、中国人は自主的に西洋の数学を摂取したというよりも、西洋人が中国で数学知識を普及したと言うほうが妥当である。

また、伝統的数学に対する態度において、中国と日本では違いがある。明治政府は1872年、教育令を公布して、小学校から大学に至る学校で、西洋数学しか教えず、伝統数学を廃止した。しかし、清政府は1862年以後、少数の特別な学校だけで西洋数学を採用するように命じたので、二十世紀の二三十年代まで、小学校から大学に至るまで、常に西洋数学と伝統数学が同時に教えられた。

さらに、現代数学の制度化の時点も一致していない。そして、明治維新により形成された教育制度は日清戦争の後、中国の新しい教育制度の建設に一定の影響を及ぼした。

三、近世の中国数学と日本数学との比較研究の意味

日本文化は漢字文化の一部である、もちろん世界文化の一部でもある。したがって、日本文化に関する研究は自ずから世界文化史の中に置かれて、比較という視野から研究することによって、普遍的なものになる。

東アジアの伝統文化に関する研究においては、中日文化を比較する場合、近世という時期が比較される価値があると思う。なぜなら、第一に、これ以前は中国が東アジア文化の中心的地位に立っていたため、日本文化と中国文化とのレベルが同じ段階にはなかったからである。第二に、中国も日本もこの時期に西洋文化の受容を経て、社会転換が実現され、文化も科学も次第に伝統を離脱して、現代文明に転換されたからである。社会変革と科学文化の革命の途上には、類似した側面もあれば、それぞれに独自の発展の軌跡もある。

数学は文化の一つであるから、数学史の比較は文化史の比較の一部である。近世の中国と日本では、社会、文化の発展は伝統と現代化という二つの主題をめぐって続いた。現在でも、経済のグローバル化に伴う世界文化の均一化の情勢下で、我々はやはりいかに伝統を扱うべきかという問題に直面している。

いかに古代の東洋科学の伝統を見るかということは、科学史研究ないし文化史研究において、常に白熱した議論を生みだしてきた。最も典型的なものが、いわゆる「Joseph Needham の難題」である、すなわち「中国科学は十三、十四世紀以前、世界で最も発達したが、どうして近代科学は中国で発生しなかったか」という問題である。実は、この問題はさらに「近代科学はどうして東アジア文明で発生しなかったか」となる。

この問題の考察にあたっては、ただある国家、あるいは地区の科学の発展史からのみ思考し、解釈するならば、偏りに失するのは免れない。科学史研究において民族主義を振り捨てることは易しくない。それだからこそ、比較的研究は必要なのである。

明清時代、西洋科学は中国の伝統的な天文算学と猛烈に激突し、中算家は極力西学を中算と融合し取り入れたけれども、伝統的算法は発展しなかった。幾何学と三角法の採用により、伝統的算法のモデルは変わり、三角関数の導入は伝統的な曲線の計算に関する割円術と招差法などの無限小算法を失わせた。ジャルトの三つの級数について、明安図らは幾何学と三角法によって解決の道を探ったが、李善蘭も幾何学を用いて「尖錐術」を創造して無限級数の展開式を解釈したので、清代の級数論研究は幾何証明のニュアンスを帯びて、伝統的な積分法の算法精神からは背離した。

総体からいえば、清代の数学研究は注釈性に富む。初期の「会通」（融合）は、実は中算によって西学を注釈したもので、西学輸入の中断後、伝統的数学に関する研究はただ経学の付属にすぎなくなった。清代の数学者は伝統的数学の内容と方法について「釋」、「説」に耽溺して古人の意を究めた（究古人之意）ため、古きを退けて新しきを出すことができなかった。当時発達した級数論も解釈的方法を離れられなかった。

宋元の数学のパラダイム (Paradigm) は技芸を好む日本人の研究の興味に適合した。さらに町人文化が盛んに興ったことも趣味的数学と本格的数学との研究のパラダイムの形成を助長した。和算の芸道化と制度化は二つの結果をもたらした。一つは、伝統的算法を精緻に改良し、東アジアの伝統的数学をより高いレベルに推し進めたことである、もう一つは、建部賢弘以後、数学の理論性が乏しかったことである。そのため和算は代数解析にならず、自然を認識する普遍的な道具となくなってしまう。

もちろん、近世のアジアにおいて、伝統数学を推進したり、抑止したりした知的および社会的要因について考えることも重要である。ただ数学知識史ばかり比較するだけではたりず、社会史、学術史の比較も必要である。科学の社会的次元にかかわる問題を考察しなければならない。このような考察を通じて、東アジア数学の価値と本質は認識し易くなる。さらには、東アジアにおいて、なぜ近代の科学革命にまで「科学」が到達し得なかったのかという問題について、適切な理解を獲得することができよう。

科学のパラダイム (Paradigm) から言えば、東アジアの伝統的科学において、科学革命といえるものはなかったと考えられる。東アジアの科学史において、科学革命と称されるべきものはアヘン戦争後の、近代東アジアの社会転換における科学である。このような科学革命は西洋の帝国主義によって押し付けられたものであり、西洋の近代科学革命とはまったく異なる。近代日本は、非西洋諸国の中では例外的に近代化＝西洋化を成し遂げた国家であり、近代の中国が後進の国家であるといっても、それらの科学革命のあり様は同じかどうか、また、どうして近代の日本は中国より早く科学の転換を実現できたのか、という問題は、比較的研究を通じて説明されなければ

ならない。近代の東アジアでは、数学は西洋技術の輸入の基礎として盛んに学ばれ研究された。数学は社会と密接に関係がある。近代の東アジアの科学の劇的転換のあり様を数学史を例にとつて、そこから現代への教訓を汲み取るためにも、中日数学の比較をしなければならない。

小松彦三郎教授の熱意あふれる招待を受けて、今回の数学史研究集会で講演する機会を頂きました。ここに、小松教授に感謝の意を表わします。小川束教授と大橋由紀夫先生は、拙稿の文法の誤りを訂正してくれました。心より感謝の意を表します。

-
- 1 小倉金之助、「日本の数学」、岩波書店、1940年3月、2
 - 2 呉文俊、李繼閔著『東方数学典籍「九章算術」及其劉徽注研究』の序、陝西人民出版社、1990年3月、4
 - 3 M.Kline 著、張理京、張錦炎、江澤涵訳、「古今数学思想」、上海科学技術出版社、2002年7月、2
 - 4 井上清 著「日本の歴史」（上）、岩波新書、1963年9月、1
 - 5 宮崎賢太郎訳、「カルロ・スピノラの都・長崎よりの三書簡」,「純心女子短期大学紀要」,第21集,27
 - 6 藪内清 著「中国の数学」、岩波新書、1974年9月、3